

УДК 669.295'71

А. О. Петрова^{1,2*}, К. И. Луговая¹, Р. И. Петров^{1,2}¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург² Институт физики металлов им. М. Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург

*anastasia.slukina@mail.ru

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук А. А. Попов

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ И РОСТА ФАЗЫ Ti_3Al

Изучены процессы выделения α_2 -фазы в сплаве Ti17 ат. %Al в зависимости от исходной структуры. Установлено, что в случае исходной мартенситной структуры α -фаза выделяется равномерно по телу зерна, а в случае исходного метастабильного α -твердого раствора реализуется спинодальный механизм превращения.

Ключевые слова: титановый сплав, интерметаллидные частицы, α_2 -фаза, упорядочение, размер частиц, механизм образования

A. O. Petrova, K. I. Lugovaya, R. I. Petrov

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THE MECHANISMS OF PRECIPITATION AND GROWTH OF THE Ti_3Al PHASE

The processes of precipitation of the α_2 -phase in the Ti17at. %Al alloy were studied, depending on the initial structure. It was found that in the case of the initial martensitic structure, the α phase is released uniformly over the grain body, and in the case of the initial metastable α solid solution, the spinodal transformation mechanism is realized.

Key words: titanium alloy, intermetallic particles, α_2 -phase, ordering, particle size, formation mechanism

Исследование было проведено на образцах сплава Ti17 ат. %Al. Предварительно литую структуру гомогенизировали при температуре 1200 °С в течение 4 часов с последующим замедленным охлаждением в печи. Термическая обработка заключалась в следующем:

1) нагрев до температуры 950 °С с выдержкой 1 час, и последующей закалкой в воде. Далее было произведено старение образцов при различных температурах, а именно, при 500 °С с выдержкой в течение 100 и 150 часов, старение при температурах 650 и 700 °С с выдержкой 150 и 300 часов;

2) нагрев до температуры 1200 °С с выдержкой 1 час и последующей закалкой в воде. Далее было произведено старение образцов при температуре 500 °С с выдержкой в течение 50 и 100 часов при температуре 700 °С с выдержкой 150 и 300 часов.

Основываясь на результатах дифференциально-сканирующей калориметрии и удельного электрического сопротивления установлено, что в интервалах температур 300...580; 700...800 и 911...996 °С происходят фазовые превращения.

После высокотемпературной обработки с последующей закалкой в воде в исходной мартенситной структуре наблюдается равномерное образование дисперсных частиц α_2 -фазы по телу зерна. Доказательств спинодального характера превращения не зафиксировано. Установлено, что закалка с 950 °С сопровождается образованием микрообластей размером 4–6 нм, обогащенных Al. Это свидетельствует о протекании превращения по механизму спинодального распада. В процессе старения с увеличением температуры и времени выдержки в этих областях появляются частицы α_2 -фазы.

После старения при температуре 500 °С с увеличением времени выдержки до 150 часов дисперсные частицы растут незначительно, а именно до 10...15 нм (рис. 1, а, б). При повышении температуры старения до 650 °С в структуре наблюдается изменение формы со сферической на вытянутую эллипсоидальную, а также установлено, что с повышением времени выдержки до 300 часов размер частиц составляет 65 нм (большая ось) и 28 нм (меньшая ось). Во время старения при 700 °С в течение 300 часов размер частиц составляет 130 нм (большая ось) и 55 нм (меньшая ось), они ориентированы относительно направления [001] α (рис. 1, в, г). Различий в вытянутости дисперсной α_2 -фазы после старения при 700 °С и при 650 °С почти не наблюдается.

Выявлено, что в процессе старения после высокотемпературной обработки на 1200 °С с последующей закалкой в воде прослеживается такая же тенденция, как и после закалки с температуры 950 °С. В результате старения при температуре 500 °С с повышением времени выдержки с 50 до 100 часов дисперсные частицы α_2 -фазы растут

с 10...20 нм до 20...30 нм соответственно (рис. 2, а, б). Последующее повышение температуры старения до 700 °С при времени выдержки в течение 150 часов приводит к изменению формы дисперсных частиц со сферической на вытянутую, их размер составляет 110 нм (большая ось) и 30 нм (меньшая ось) (рис. 2, в). Увеличение времени выдержки до 300 часов приводит к их росту. Средний размер равноосных частиц α_2 -фазы составляет порядка 130 нм (большая ось) и 50 нм (меньшая ось), они ориентированы относительно направления $[001]\alpha$ (рис. 2, г).

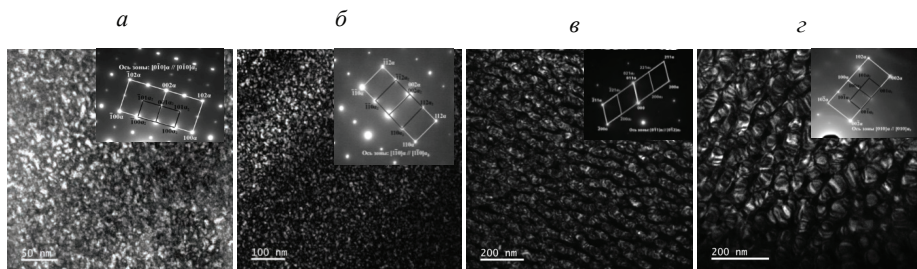


Рис. 1. Микроструктура сплава Ti–17Al после закалки с температуры 950 °С с последующим старением:

а — 500 °С, 100 часов; б — 500 °С, 150 часов;
в — 700 °С, 150 часов; г — 700 °С, 300 часов

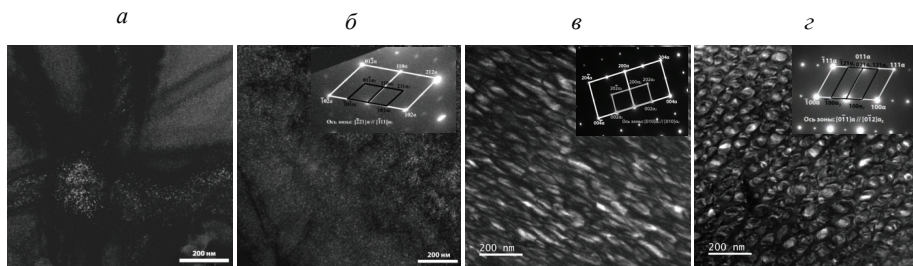


Рис. 2. Микроструктура сплава Ti–17Al после закалки с температуры 1200 °С с последующим старением:

а — 500 °С, 50 часов; б — 500 °С, 100 часов; в — 700 °С, 150 часов;
г — 700 °С, 300 часов

Таким образом установлено, что характер расположения частиц при старении закаленных образцов с 950 и 1200 °С одинаков. Частицы расположены равномерно по объему зерна. При аналогичных режимах старения размер частиц после обработки на 950 °С несколько выше, чем в случае закалки с 1200 °С.